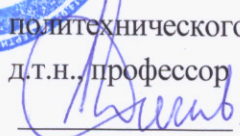




УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
инновациям Национального
исследовательского Томского
политехнического университета,
д.т.н., профессор

 А. Н. Дьяченко

«22» мая 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Национальный исследовательский
Томский политехнический университет на диссертационную работу
Дружининой Александры Алексеевны «Автоматическая компенсация влияния магнитных
полей на точность позиционирования по стыку соединения при электронно-лучевой сварке»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
(промышленность)

Актуальность для науки и практики

Одной из основных задач управления процессом электронно-лучевой сварки (ЭЛС) является автоматическое наведение пучка электронов на стык соединения. При сварке разнородных материалов и изделий с остаточной намагниченностью эта задача осложняется влиянием на электронный пучок магнитных полей, наводимых в свариваемых деталях. Вопросам исследования магнитных полей, имеющих место при электронно-лучевой сварке, и устранения их влияния на электронный пучок посвящено значительное количество научных публикаций.

В тоже время следует отметить, что существующие методы устранения влияния магнитных полей являются трудоемкими и дорогостоящими, а в ряде случаев и малоэффективными. Поэтому разработка технических средств и систем автоматической компенсации влияния на электронный пучок магнитных полей помехи является актуальной научно-технической задачей.

Основные научные и практические результаты и их значимость для науки и производства

Проведен анализ автоматических устройств позиционирования электронного пучка по стыку, методов контроля влияния магнитных полей на электронный пучок и способов уменьшения этого влияния. Сделан вывод о том, что наиболее приемлемым способом защиты пучка электронов от магнитного поля является его компенсация в зоне сварки.

Разработаны математические модели, объясняющие влияние на положение электронного пучка магнитных полей термоэлектрических токов при электронно-лучевой сварке разнородных материалов и остаточной намагниченности свариваемых деталей.

Представлен метод и математическая модель устройства, контролирующего отклонение сканирующего электронного пучка, в основе которого лежит обработка сигнала рентгеновского датчика с коллимированной насадкой, наведенного на оптическую ось пушки, методом синхронного детектирования.

Предложены схмотехнические решения, позволяющие реализовать устройства, которые автоматически компенсируют влияние магнитных полей токов термо-ЭДС и остаточной намагниченности на точность позиционирования электронного пучка по стыку соединения при электронно-лучевой сварке.

К числу наиболее значимых результатов диссертации относятся:

1. Предложены новые математические модели распределения индукции магнитных полей термоэлектрических токов и остаточной намагниченности в рабочем пространстве электронно-лучевой пушки – свариваемое изделие, основанные на представлении намагниченного тела в виде совокупности эквивалентных проводников с током, позволяющие рассчитать отклонение электронного пучка от оптической оси пушки.
2. Впервые разработан метод контроля отклонения сканирующего электронного пучка, вызванного действием магнитных полей, и его математическая модель, основанная на обработке сигнала коллимированного рентгеновского датчика, наведенного на оптическую ось пушки, по методу синхронного детектирования.
3. Впервые предложен метод автоматической компенсации влияния магнитных полей термоэлектрических токов и остаточной намагниченности деталей при электронно-лучевой сварке, в котором контролируется отклонение электронного пучка от оптической оси электронно-лучевой пушки и путем введения компенсирующих магнитных полей, создаваемых с помощью управляемых источников тока или электромагнита, это отклонение устраняется.

Предложенные модели математически обосновывают зависимость выходного сигнала коллимированного рентгеновского датчика, обработанного методом синхронного детектирования, от положения электронного пучка относительно оптической оси электронно-лучевой пушки. Полученные расчетные характеристики рентгеновского датчика позволяют спроектировать систему автоматической компенсации влияния на электронный пучок магнитных помех.

В предложенном новом методе автоматической компенсации влияния магнитных полей термоэлектрических токов и остаточной намагниченности свариваемых деталей при сварке изделий из разнородных материалов компенсация магнитных полей осуществляется путем введения в сварной шов компенсирующих токов, направленных встречно термоэлектрическим токам. При сварке изделий с остаточной намагниченностью компенсация магнитных полей осуществляется путем введения в свариваемое изделие компенсирующих магнитных полей, противоположно направленных полю остаточной намагниченности. Величина компенсирующих токов и магнитных полей определяется по сигналу от коллимированного рентгеновского датчика отклонения электронного пучка от оптической оси пушки.

Разработана система автоматической компенсации влияния на электронный пучок магнитных полей термоэлектрических токов и остаточной намагниченности. Анализ динамических свойств системы свидетельствует о ее работоспособности и обеспечении заданных показателей качества.

Проведена оценка точности позиционирования электронного пучка по стыку соединения при использовании системы автоматической компенсации влияния

магнитных полей. Полученные результаты показывают, что система автоматической компенсации способна снизить уровень магнитных помех в 50 раз.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод об эффективности разработанного метода автоматической компенсации влияния магнитных полей на точность позиционирования электронного пучка по стыку соединения и достижении поставленной цели диссертационного исследования.

Значимость результатов для науки

Основным результатом диссертационной работы является теоретическое и экспериментальное обоснование нового метода автоматической компенсации влияния магнитных полей на положение электронного пучка в процессе сварки.

Положения, выносимые на защиту, создают теоретическую основу для разработки устройств, позволяющих автоматически компенсировать влияние магнитных полей токов термо-ЭДС и остаточной намагниченности на точность позиционирования электронного пучка по стыку соединения при электронно-лучевой сварке.

Практическое значение

1. Разработаны методики расчета отклонений электронного пучка от оптической оси электронно-лучевой пушки под действием полей остаточной намагниченности свариваемого изделия и токов термо-ЭДС, позволяющие оценить возможность получения качественных сварных соединений.

2. Получены расчетные характеристики устройства контроля отклонения пучка электронов от оптической оси пушки по рентгеновскому излучению из зоны обработки, позволяющие спроектировать систему автоматической компенсации влияния магнитных полей.

3. Разработана система автоматической компенсации влияния магнитных полей, применение которой позволило уменьшить погрешность совмещения электронного пучка с плоскостью стыка от влияния магнитных полей в 30-50 раз.

Рекомендации по использованию результатов и выводов

Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать на машиностроительных предприятиях, применяющих электронно-лучевые технологии при сварке изделий с остаточной намагниченностью, при сварке изделий из разнородных материалов, а также в организациях, занимающихся проектированием электронно-лучевой аппаратуры.

Замечания:

1. Автор оценивает выполнение требований по качеству сварки по частому критерию – заданной точности наведения, однако эти критерии еще не гарантируют получение бездефектных соединений.
2. В работе не приводятся экспериментальные данные по оценке качества сварки. Нет макрошлифов, подтверждающих эффективность применения разработанной системы компенсации влияния магнитных полей, при сварке образцов в лабораторных условиях и изделий на производстве.
3. В работе не указаны значения основных параметров ЭЛС (ток луча, ускоряющее напряжение, размеры и форма стыковых соединений), при которых разработанные автором модели позволяют управлять процессом автоматической компенсации магнитных полей.

4. Предложенный метод компенсации устраняет только одну составляющую индукции магнитного поля, направленную вдоль стыка свариваемого изделия, а составляющая, направленная поперек стыка, смещает электронный пучок в плоскости стыка и может привести к непроварам в корне шва.
5. Ограниченная зона обзора рентгеновского датчика не позволяет обнаруживать электронный пучок при больших его отклонениях от оси электронно-лучевой пушки.

Заключение

Диссертация Дружининой А.А. является законченной научно-исследовательской работой на актуальную тему, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. Результаты работы обоснованы и достоверны, обладают научной новизной и практической значимостью. Основные результаты опубликованы в 9 работах, включая 3 работы в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, и 1 патент на изобретение. Диссертация содержит 116 страниц основного текста и включает список литературы из 136 наименований.

Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для автоматизации процесса электронно-лучевой сварки.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Дружинина Александра Алексеевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Отзыв на диссертацию обсуждён на расширенном заседании кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» 15 мая 2015 г., протокол №30.

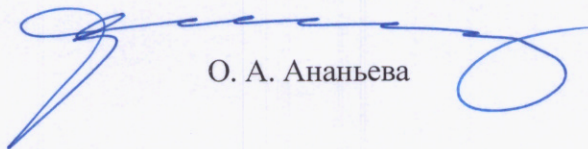
Кулешов Валерий Константинович, профессор кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» института неразрушающего контроля Национального исследовательского Томского политехнического университета, д. т. н., профессор, Почётный работник науки и техники РФ.

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30. Тел. сл. 8(3822)417307, эл. почта: fmprk2@tpu.ru



В. К. Кулешов

Подпись Кулешова В.К. заверяю,
учёный секретарь университета



О. А. Ананьева

Россия, 634050, г. Томск,
проспект Ленина, д. 30.
Телефоны: 8(3822)60-63-33, 41-73-07
E-mail: tpu@tpu.ru; fmprk2@tpu.ru